



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001229407 A**(43) Date of publication of application: **24.08.01**

(51) Int. Cl.

G06T 17/20(21) Application number: **2000040050**(71) Applicant: **CANON INC**(22) Date of filing: **17.02.00**(72) Inventor: **OKIDAKA KAORU**

(54) **DEVICE AND METHOD FOR MODEL GENERATION FOR NUMERICAL ANALYSIS, AND STORAGE MEDIUM**

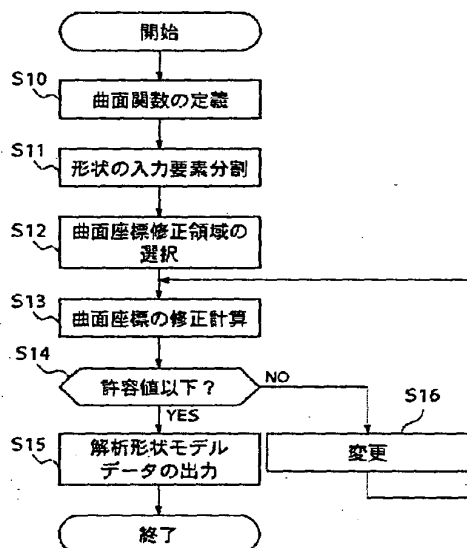
error becomes less than the permissible difference.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a model generating device for numerical analysis which can greatly improve the efficiency of operation for generating a model for numerical analysis.

SOLUTION: This model generating device for numerical analysis once extracting element constitution nodes constituting a curved-surface coordinate correction area calculates the accurate (z) coordinate values of the respective extracted nodes by substituting the (x) coordinates and (y) coordinates of the nodes in a curved-surface functional expression, corrects the (z) coordinates to the calculated values, and then substitutes them. Then differences between the coordinate values of the nodes after the substitution and coordinate values obtained from the curved-surface functional expression, i.e., a shape error is calculated (step S13). When the calculated shape error is not less than a permissible error (step S14), the (x) and (y) coordinates are varied by a specific value and the processes from the step S13 are repeated until the shape



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-229407
(P2001-229407A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 6 T 17/20

識別記号

F I
G 0 6 F 15/60

データベース (参考)
6 1 2 J 5 B 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-40050 (P2000-40050)

(22) 出願日 平成12年2月17日 (2000.2.17)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 沖高 肇

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100081880

弁理士 渡部 敏彦

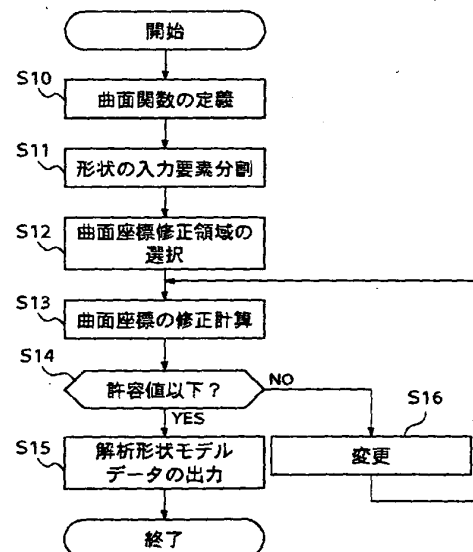
Fターム (参考) 5B046 FA04 FA18 JA08

(54) 【発明の名称】 数値解析用モデル作成装置、数値解析用モデル作成方法および記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる数値解析用モデル作成装置を提供する。

【解決手段】 数値解析用モデル作成装置では、曲面座標修正領域を構成する要素構成節点を抽出すると、この抽出された各節点の座標において、それぞれの節点のx座標とy座標が曲面関数式に入力されて正確なz座標値を計算し、z座標をこの計算された値に修正した後に、置換する。そして、置換後の節点の座標値と上記曲面関数から求めた座標値との差すなわち形状誤差を算出する (ステップS13)。この算出された形状誤差が許容誤差以下でないときには (ステップS14)、各x、y座標を所定値分可変して変更し、上記形状誤差が許容誤差以下になるまで上記ステップS13からの処理を繰り返す。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成装置において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義手段と、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を生成する形状生成手段と、前記生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割手段と、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価手段とを備え、前記形状評価手段は、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正することを特徴とする数値解析用モデル作成装置。

【請求項2】 前記自由曲面関数は、母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数であることを特徴とする請求項1記載の数値解析用モデル作成装置。

【請求項3】 前記形状評価手段は、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点に対し、その座標値を初期値とする変数を前記定義された自由曲面関数に渡して座標値を算出する算出処理を、該算出した座標値が所定目標値範囲内に収まるまで前記変数を可変しながら行い、該所定目標値範囲内の座標値が得られると、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記所定目標値範囲内の座標値に補正することを特徴とする請求項1または2記載の数値解析用モデル作成装置。

【請求項4】 前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示する表示手段を備えることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の数値解析用モデル作成装置。

【請求項5】 形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成方法において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する関数定義ステップと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を生成する形状生成ステップと、前記生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割ステップと、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価ステップとを有し、前記形状評価ステップは、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正することを特徴とする数値解析

用モデル作成方法。

【請求項6】 前記自由曲面関数は、母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数であることを特徴とする請求項5記載の数値解析用モデル作成方法。

【請求項7】 前記形状評価ステップは、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点に対し、その座標値を初期値とする変数を前記定義された自由曲面関数に渡して座標値を算出する算出処理を、該算出した座標値が所定目標値範囲内に収まるまで前記変数を可変しながら行い、該所定目標値範囲内の座標値が得られると、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記所定目標値範囲内の座標値に補正することを特徴とする請求項5または6記載の数値解析用モデル作成方法。

【請求項8】 前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示する表示ステップを有することを特徴とする請求項5ないし7のいずれか1に記載の数値解析用モデル作成方法。

【請求項9】 形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成システムを情報処理装置上に構築するためのプログラムを格納した記憶媒体において、前記プログラムは、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する関数定義モジュールと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を生成する形状生成モジュールと、前記生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割モジュールと、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価モジュールとを有し、前記形状評価モジュールは、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正することを特徴とする記憶媒体。

【請求項10】 前記自由曲面関数は、母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数であることを特徴とする請求項9記載の記憶媒体。

【請求項11】 前記形状評価モジュールは、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点に対し、その座標値を初期値とする変数を前記定義された自由曲面関数に渡して座標値を算出する算出処理を、該算出した座標値が所定目標値範囲内に収まるまで前記変数を可変しながら行い、該所定目標値範囲内の座標値が得られると、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記所定目標値範囲内の座標値に補正することを特徴とする請求項9または10記載の記憶媒体。

【請求項12】 前記プログラムは、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報

を表示手段に表示するように制御する表示制御モジュールを有することを特徴とする請求項 9 ないし 11 のいずれか 1 に記載の記憶媒体。

【請求項 13】 形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成装置において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも 1 種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義手段と、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生手段と、前記点群を入力とする所定の近似用関数を用いて前記自由曲面形状を近似する曲面近似手段と、前記定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する前記近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出手段と、前記算出された形状誤差に基づき前記近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価手段とを備え、前記形状評価手段は、前記算出された形状誤差が所定誤差を超えると、前記所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、前記点群を変更して前記自由曲面形状の近似を繰り返すように前記点群発生手段、前記曲面近似手段および前記形状誤差算出手段を制御することを特徴とする数値解析用モデル作成装置。

【請求項 14】 前記近似用曲線は、スプライン曲線であることを特徴とする請求項 13 記載の数値解析用モデル作成装置。

【請求項 15】 前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示する表示手段を備えることを特徴とする請求項 13 または 14 記載の数値解析用モデル作成装置。

【請求項 16】 形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成方法において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも 1 種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義ステップと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生ステップと、前記点群を入力とする所定の近似用関数を用いて前記自由曲面形状を近似する曲面近似ステップと、前記定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する前記近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出ステップと、前記算出された形状誤差に基づき前記近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価ステップとを有し、前記形状評価ステップにより前記算出された形状誤差が所定誤差を超えていると評価されると、前記所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、前記点群の数を変更して前記点群発生ステップ、前記曲面近似ステップおよび前記形状誤差算出ステップを繰り返すことを特徴とする数値解析用モデル作成方法。

【請求項 17】 前記近似用曲線は、スプライン曲線であることを特徴とする請求項 16 記載の数値解析用モデル作成方法。

ル作成方法。

【請求項 18】 前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表手段に表示する表示ステップを有することを特徴とする請求項 16 または 17 記載の数値解析用モデル作成方法。

【請求項 19】 形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成システムを情報処理装置上に構築するためのプログラムを格納した記憶媒体において、前記プログラムは、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも 1 種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義モジュールと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生モジュールと、前記点群を入力とする所定の近似用関数を用いて前記自由曲面形状を近似する曲面近似モジュールと、前記定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する前記近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出モジュールと、前記算出された形状誤差に基づき前記近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価モジュールとを有し、前記形状評価モジュールは、前記算出された形状誤差が所定誤差を超えると、前記所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、前記点群を変更して前記自由曲面形状の近似を繰り返すように前記点群発生モジュール、前記曲面近似モジュールおよび前記形状誤差算出モジュールを制御することを特徴とする記憶媒体。

【請求項 20】 前記近似用曲線は、スプライン曲線であることを特徴とする請求項 19 記載の記憶媒体。

【請求項 21】 前記プログラムは、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表手段に表示するように制御する表示制御モジュールを有することを特徴とする請求項 19 または 20 記載の記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成装置、その方法および数値解析用システムを情報処理装置上に構築するためのプログラムを格納した記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、コンピュータを利用して構造解析や熱解析を行う場合、解析対象領域を差分格子や有限要素などの要素に分割する。この要素分割は、通常、数値解析用要素分割作成システム（プリプロセッサ）により行われる。このプリプロセッサの代表的な商用市販システムとしては、IDEAS、PATRANなどがあげられる。

【0003】 このようなシステムにおいて、例えば非球面レンズのようなサブミクロン単位の高精度な自由曲面を有する形状の構造解析（熱応力解析など）を行ってレ

レンズ面の形状変化を求める場合には、解析後の微少な形状変化を求める必要があるため、形状作成時に非球面レンズ形状部を通常よりも正確な座標（サブミクロン以下の単位）で作成する必要がある。

【0004】このような非球面曲面を有する形状の入力や要素分割の一般的な方法としては、自由曲面関数により曲面部分の座標を点群データとして予め計算しておき、これらのデータを読み込んだ後に再び点群列毎にスプライン関数近似により曲線を生成し、これらの曲線から近似曲面すなわちサーフェイスを生成する方法が用いられている。そして、この生成された近似曲面形状を元に要素分割が行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、生成された近似曲面形状を元に要素分割が行われるので、最終的に生成された非曲面形状部をなす要素の節点座標は、予め定義された自由曲面関数に対して誤差を有することになる。従って、プリプロセッサ内で曲面を生成した時点や要素分割を行った時点での形状精度は高くなく、求めた節点座標をそのまま解析用入力データとして使用することができず、プリプロセッサ内または解析用入力データフォーマットに変換した時点で、座標修正を行う必要がある。

【0006】これらの作業は、複雑な三次元非球面レンズ形状に対しては、かなりの労力（修正に時間が掛る）を必要とし、非球面レンズ形状が変わると、同様の操作を繰り返して行う必要があるから、解析作業の効率が著しく悪くなる。

【0007】本発明の目的は、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる数値解析用モデル作成装置、数値解析用モデル作成方法および記憶媒体を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成装置において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義手段と、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を生成する形状生成手段と、前記生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割手段と、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価手段とを備え、前記形状評価手段は、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正することを特徴とする。

【0009】前記自由曲面関数は、母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数である。

【0010】前記形状評価手段は、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点に対し、その座標値を初期値とする変数を前記定義された自由曲面関数に渡して座標値を算出する算出処理を、該算出した座標値が所定目標値範囲内に収まるまで前記変数を可変しながら行い、該所定目標値範囲内の座標値が得られると、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記所定目標値範囲内の座標値に補正する。

【0011】さらに、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示する表示手段を備える。

【0012】本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成方法において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する関数定義ステップと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を生成する形状生成ステップと、前記生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割ステップと、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価ステップとを有し、前記形状評価ステップは、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正することを特徴とする。

【0013】前記自由曲面関数は、母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数である。

【0014】前記形状評価ステップは、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点に対し、その座標値を初期値とする変数を前記定義された自由曲面関数に渡して座標値を算出する算出処理を、該算出した座標値が所定目標値範囲内に収まるまで前記変数を可変しながら行い、該所定目標値範囲内の座標値が得られると、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記所定目標値範囲内の座標値に補正する。

【0015】さらに、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示する表示ステップを有する。

【0016】本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成システムを情報処理装置上に構築するためのプログラムを格納した記憶媒体において、前記プログラムは、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する関数定義モジュールと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を生

成する形状生成モジュールと、前記生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割モジュールと、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価モジュールとを有し、前記形状評価モジュールは、前記自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正することを特徴とする。

【0017】前記自由曲面関数は、母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数である。

【0018】前記形状評価モジュールは、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点に対し、その座標値を初期値とする変数を前記定義された自由曲面関数に渡して座標値を算出する算出処理を、該算出した座標値が所定目標値範囲内に収まるまで前記変数を可変しながら行い、該所定目標値範囲内の座標値が得られると、前記許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記所定目標値範囲内の座標値に補正する。

【0019】さらに、前記プログラムは、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示手段に表示するように制御する表示制御モジュールを有する。

【0020】本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成装置において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義手段と、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生手段と、前記点群を入力とする所定の近似用関数を用いて前記自由曲面形状を近似する曲面近似手段と、前記定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する前記近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出手段と、前記算出された形状誤差に基づき前記近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価手段とを備え、前記形状評価手段は、前記算出された形状誤差が所定誤差を超えると、前記所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、前記点群を変更して前記自由曲面形状の近似を繰り返すように前記点群発生手段、前記曲面近似手段および前記形状誤差算出手段を制御することを特徴とする。

【0021】前記近似用曲線は、スプライン曲線である。

【0022】さらに、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表示する表示手段を備える。

【0023】本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成方

法において、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義ステップと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生ステップと、前記点群を入力とする所定の近似用関数を用いて前記自由曲面形状を近似する曲面近似ステップと、前記定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する前記近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出ステップと、前記算出された形状誤差に基づき前記近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価ステップとを有し、前記形状評価ステップにより前記算出された形状誤差が所定誤差を超えるていと評価されると、前記所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、前記点群の数を変更して前記点群発生ステップ、前記曲面近似ステップおよび前記形状誤差算出ステップを繰り返すことを特徴とする。

【0024】前記近似用曲線は、スプライン曲線である。

【0025】さらに、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表手段に表示する表示ステップを有する。

【0026】本発明は、形状を数値解析用要素に分割して数値解析用モデルを作成する数値解析用モデル作成システムを情報処理装置上に構築するためのプログラムを格納した記憶媒体において、前記プログラムは、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義モジュールと、前記定義された自由曲面関数を用いて前記自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生モジュールと、前記点群を入力とする所定の近似用関数を用いて前記自由曲面形状を近似する曲面近似モジュールと、前記定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する前記近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出モジュールと、前記算出された形状誤差に基づき前記近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価モジュールとを有し、前記形状評価モジュールは、前記算出された形状誤差が所定誤差を超えると、前記所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、前記点群を変更して前記自由曲面形状の近似を繰り返すように前記点群発生モジュール、前記曲面近似モジュールおよび前記形状誤差算出モジュールを制御することを特徴とする。

【0027】前記近似用曲線は、スプライン曲線である。

【0028】さらに、前記プログラムは、前記自由曲面形状、その構成要素の節点および前記形状誤差を含む情報を表手段に表示するように制御する表示制御モジュールを有する。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0030】（実施の第1形態）図1は本発明の数値解析用モデル作成装置の実施の第1形態の構成を示すブロック図である。

【0031】数値解析用モデル作成装置は、図1に示すように、入力コマンド制御部1、表示制御部2、形状作成部3、要素作成部4、曲面修正部5、形状データ格納部6および要素データ格納部7とから構成される。入力コマンド制御部1は、ユーザからの命令を受けて形状作成部3、要素作成部4、曲面修正部5および表示制御部2を起動する。本実施の形態では、本装置をコンピュータにより構成し、該コンピュータは、予めハードディスク装置などの記憶装置に格納されたプログラムを実行することによって上記各ブロックの機能を実現する。

【0032】形状作成部3は、入力コマンド制御部1からの形状作成制御命令に従って、形状モデルを表す形状データを作成して形状データ格納部6に格納する。例えば、非球面のような自由曲面関数を作成する場合、複数の自由曲面関数（以下、曲面関数という）の中から選択された自由曲面関数により曲面部分の座標を点群データとして予め計算しておき、これらのデータを読み込んだ後に再び点群列毎にスプライン関数近似により曲線を生成し、これらの曲線から近似曲面すなわちサーフェスを生成する。

【0033】要素作成部4は、入力コマンド制御部1からの要素作成制御命令に従って、形状データ格納部6に格納されている形状データを参照し、この形状データが表す形状を要素に分割して要素データを作成する。この作成された要素データは、要素データ格納部7に格納される。

【0034】曲面修正部5は、データ格納部7に格納されている要素データから要素の節点座標値を抽出し、該抽出した節点座標値と定義された曲面関数の値と比較して節点座標誤差を形状誤差として算出する形状評価機能*

$$x = a_1 + a_2 y^2 + a_3 y^3 + \dots + a_{n-1} y^{n-1} + a_n y^n \quad \dots (1)$$

と表され、 $z=0$ で y 座標の任意位置における子線方向※ ※曲面関数がこの母線位置 x において、

$$r = r_1 + r_2 y^2 + r_3 y^3 + \dots + r_{n-1} y^{n-1} + r_n y^n \quad \dots (2)$$

で表されるような曲率 r を有する非球面形状とする。この関数は、光学素子の面内方向に任意に定義された基準の y z 平面の座標に対して非球面曲面の高さ位置 x （光軸方向）を表す形で定義されている。

【0039】上記（1）、（2）式で表される関数は、Fortran、C言語などのプログラミング言語を利用して数式および定数の値をサブルーチンとして形状作成部3、曲面修正部5に組み込まれている。

【0040】次いで、ステップS11に進み、形状の入力および要素分割を行う。ここでは、所定のコマンドを用いて形状を入力し、この入力した形状を形状データ格納部6に格納した後、要素分割を行い、その結果を要素

*と、算出された形状誤差の値と予め設定された誤差許容値とを比較し、該形状誤差の値が誤差許容値を超えているときには、当該節点座標を定義された曲面関数から求められた値に補正する座標補正機能とを有する。

【0035】表示制御部2は、入力コマンド制御部1からの表示制御命令に従って形状、要素データを図形に変換してディスプレイに表示するように制御する。

【0036】次に、本装置による形状モデルの作成手順について図2ないし図8を参照しながら説明する。図2は図1の数値解析用モデル作成装置の形状モデル作成の基本手順を示すフローチャート、図3はトーリックレンズ非球面形状を有する光学素子の一例を示す斜視図、図4は三次元座標系における非球面形状を示す図、図5は図2のステップS11で生成される点群データの一例を示す図、図6は図2のステップS11で点群列毎にスプライン関数近似により生成された曲線の一例を示す図、図7は図2のステップS11で曲線から生成された近似曲面（サーフェス）の一例を示す図、図8は図2のステップS11で図3のトーリックレンズ非球面形状に対して要素分割された状態を示す図である。

【0037】本装置では、図2に示すように、まずステップS10において自由曲面形状を形成するための曲面関数を定義する。ここで、例えばトーリックレンズ非球面形状を有する光学素子の場合、図3に示すように、このトーリックレンズ非球面形状部20が母線方向と子線方向とでそれぞれ異なる非球面形状関数で表され、子線方向の非球面形状関数は、母線方向の非球面形状関数で定義される位置での接線に垂直な法線方向でのローカル座標系で定義される。この非球面形状部20の曲面関数は、母線方向と子線方向について次の（1）、（2）式により表される。なお、この非球面形状は、本例のように必ずしも2つの関数で定義されるとは限らず、複数の関数を使用して非球面形状を定義する場合もある。

【0038】具体的には、非球面形状部20は、図4に示すように、 $z=0$ における母線方向の曲面関数が、

データ格納部7に格納する。この形状入力および要素分割は、一般的に用いられる方法により行われるものである。本実施の形態では、曲面形状の入力については、上記（1）、（2）式で表される関数を用いて、曲面部分の座標を予め点群データ（図5に示す）として予め計算しておき、これらのデータを読み込んだ後に再び点群列毎にスプライン関数近似により曲線（図6に示す）を生成し、これらの曲線から近似曲面すなわちサーフェス（図7に示す）を生成する。そして、図8に示すように、この生成された近似曲面形状を元に要素分割が行われる。この図8に示す例は、要素分割されたトーリックレンズ非球面形状部20である。

【0041】このようにして最終的に得られた要素データは、それぞれの要素固有の要素番号が付されて要素データ格納部7に格納される。また、1つの要素はその要素を構成する節点の番号で表され、この節点番号には、その節点を表すための座標データ(x, y, z)が付加されている。

【0042】上記方法で得られた非球面形状部20を構成する要素の節点座標は、通常、上記(1)式で表された関数式から求められる値に対して部分的に数ミクロンから数十ミクロンの誤差(形状誤差)を有する。

【0043】そこで、このような形状誤差を有する要素の節点座標を修正するために、ステップS12で、修正すべき曲面座標修正領域を選択、指定し、続くステップS13で、指定された曲面座標修正領域における曲面座標の修正計算を行う。この一連の処理は、具体的には、次のように行われる。

【0044】既に上記ステップS10において曲面修正部5で曲面座標修正の対象となる要素の節点座標を修正するための基準となる曲面関数が定義されているので、曲面座標修正領域上の節点(図8に示す非球面形状部20)のみを節点のマウスピックまたは節点の座標入力などの操作に応じて抽出する。この操作により曲面座標修正領域を構成する要素構成節点が抽出されると、この抽出された各節点の座標は、それぞれの節点のx座標とy座標が上記(1)、(2)式に入力されて正確なz座標値が計算され、z座標がこの計算された値に修正された後に、置換される。そして、置換後の節点の座標値と上記曲面関数から求められた座標値との差すなわち形状誤差を算出する。

【0045】次いで、ステップS14に進み、上記ステップS13で算出された形状誤差が許容誤差以下であるか否かを判定し、この形状誤差が許容誤差以下でないときには、ステップS16に進み、後述するように、各x, y座標を所定値分可変して変更し、そして再度上記ステップS13からの処理を繰り返す。上記形状誤差が許容誤差以下になると、ステップS15に進み、この条件を満足する節点を、解析モデル全体の最終的な要素データとして要素データ格納部7に格納する。

【0046】次に、上記ステップS13の曲面座標の修正計算について図9ないし図12を参照しながら説明す*40

$$\Delta l = r - (r^2 - c^2)^{1/2}$$

そしてこの偏差量 Δl が求められると、ステップS27で、座標値X, Yを次の(4)、(5)式から求める。*

$$X = x_1 - \Delta l \sin \theta$$

$$Y = y_1 - \Delta l \cos \theta$$

次いで、ステップS28に進み、この求めた座標値(X, Y)に対して $Y \approx b$ の関係式が成立するか否かを判定する。この関係式が成立しないときには、ステップS32に進み、y軸スキャン幅のインクリメントを行う。すなわち、 $y = y_1 + \Delta y$ とするインクリメントを

*る。図9は図2のステップS13における曲面座標修正計算の処理手順を示すフローチャート、図10は非球面形状のx-y断面図、図11は非球面形状のx-z断面図、図12は図9のステップS31の誤差計算結果の出力例を示す図である。

【0047】曲面形状補正の形状誤差の計算においては、図9に示すように、まずステップS21において定義された曲面関数を読み込み、続くステップS22で、座標修正対象の節点データ(a, b, c)を読み込む。そして、ステップS23に進み、初期パラメータを設定する。ここでは、y軸のスキャン幅を設定し、z座標に関して $Z = c$ と設定する。

【0048】次いで、ステップS24に進む。ここで、例えば曲面形状上の有限要素法分割に基づく任意の節点座標値を(a, b, c)とし、この座標値に対する上記曲面関数から求められる真の座標値を(X, Y, Z)とし、両者の誤差を形状誤差として求める場合、子線方向の曲面関数(上記(2)式)が母線方向の曲面関数(上記(1)式)での任意点における法線方向に対する関数であるため(すなわち、上記(2)式が上記(1)式に対して局所座標系で定義されているため)、真の座標値(X, Y, Z)を直接的に求めることができない。そこで、ステップS24においては、誤差を評価する任意の節点座標(a, b, c)の $y = b$ を $z = 0$ 面(すなわちxy平面上)の $y_1 = b$ と仮においてx座標 x_1 を上記(1)式により求めるとともに、上記(1)式から $y = y_1$ での法線勾配 θ (図10を参照)を求める。そして、ステップS25で、上記(2)式により $y = b$ ($y_1 = b$)における子線方向曲率半径rを求める。なお、この $y = b$ は、最初の評価点として設定されており、この値yは、固定ではなく可変値として取り扱われる。

【0049】このようにして、 $y = b$ ($y_1 = b$)における $x = x_1$ 、曲率半径rが求められると、ステップS26に進み、 $Z = c$ における曲面形状上の座標x, yを求めるために、 $Z = c$ 位置におけるx軸方向偏差量 Δl を求める。ここでは、図10および図11に示すように、母線上の $y = y_1$ における法線方向に沿って $Z = c$ 位置におけるx軸方向偏差量 Δl が次の(3)式により求められる。

$$\Delta l = r - (r^2 - c^2)^{1/2} \quad \dots (3)$$

※【0051】

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

行う。そして再度上記ステップS24からの処理を繰り返し、このインクリメント後のyに対する座標値(X, Y)を求める。

【0052】この求めた座標値(X, Y)に対して $Y \approx b$ の関係式が成立すると、z軸を $Z = c$ に固定してy軸

座標を上記 $y_1 = b$ 以外の座標についてスキャンしたときにこの(5)式から求まる座標値 Y が、 $Y = b$ となるとき y 座標が評価対象の節点座標 (a, b, c) を通る Y 座標位置となるので、ステップ $S29$ に進み、座標 X と評価対象の節点座標 $x = a$ との差の絶対値 $|X - a|$ を求める。この差の絶対値 $|X - a|$ が形状誤差となる。

【0053】そしてステップ $S30$ で、次の評価すべき節点があるか否かを判定し、次の評価すべき節点があるときには、上記ステップ $S23$ に戻り、次の節点に対して同様の処理を行う。次の評価すべき節点がないときにすなわち全ての評価対象の節点に対する処理が終了すると、ステップ $S31$ に進み、全ての評価対象の節点に対して求めた形状誤差を出力する。例えば、図12に示すように、各節点毎の形状誤差を一覧形式で出力する。そして、本処理を終了する。

【0054】このように、本実施の形態では、要素分割を行った時点での曲面形状部における節点データの座標修正を自動的に行うことが可能になり、複雑な三次元非球面レンズ形状に対してもその節点の座標修正を簡単に14
行うことができる。その結果、作業効率を著しく向上させることができる。また、非球面レンズの形状が変わった場合においても、解析モデルとして最適な形状を決定するまでの処理時間をかなり短縮することができる。

【0055】なお、本実施の形態では、本装置をコンピュータで構成しているが、これに代えて各ブロックをハードウェア回路で構成した専用装置とすることも可能である。

【0056】(実施の第2形態) 次に、本発明の実施の第2形態について図13および図14を参照しながら説明する。図13は本発明の数値解析用モデル作成装置の実施の第2形態の構成を示すブロック図、図14は図13の数値解析用モデル作成装置の形状モデル作成の基本手順を示すフローチャートである。

【0057】本実施の形態は、上述の実施の第1形態に対し、定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する、点群を入力とする所定の近似用関数を用いて近似された自由曲面形状の形状誤差を算出し、該算出された形状誤差が所定誤差を超えると、所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、点群を変更して自由曲面形状の近似を繰り返す点で異なる。

【0058】具体的には、本実施の形態の数値解析用モデル作成装置は、図13に示すように、入力コマンド制御部1、表示制御部2、曲面関数定義部30、曲面生成部31、曲面評価部32、曲面修正部33および形状データ格納部34とから構成される。入力コマンド制御部1は、表示制御部2、曲面関数定義部30、曲面生成部31、曲面評価部32、曲面修正部33を起動する。本実施の形態は、上述の実施の第1形態と同様に、コンピ

$$x = F(y, z)$$

*ユータにより構成されており、該コンピュータは、予めハードディスク装置などの記憶装置に格納されたプログラムを実行することによって上記各ブロックの機能を実現する。

【0059】曲面関数定義部30は、複数の自由曲面関数(以下、曲面関数という)を保持し、入力コマンド制御部1からの曲面関数定義命令に従って各曲面関数の中から形状生成に使用する曲面関数を定義するとともに、曲面生成領域および曲面生成時の各種初期値を設定する。

【0060】曲面生成部31は、入力コマンド制御部1からの曲面作成制御命令に従って、曲面形状モデルを表す形状データを作成して形状データ格納部34に格納する。例えば、非球面のような自由曲面関数を作成する場合、曲面関数定義部30により設定された曲面関数により曲面部分の座標を点群データとして生成し、この点群データで表される点群列毎にスプライン関数近似により曲線を生成し、これらの曲線から近似曲面すなわちサーフェイスを生成する。

【0061】曲面評価部32は、入力コマンド制御部1からの誤差評価制御命令に従って、形状データ格納部6に格納されている形状データを参照し、該形状データが示す曲面形状と定義された曲面関数から得られる曲面形状との間の形状誤差を算出する。

【0062】曲面修正部33は、曲面評価部32により算出された形状誤差が所定の許容誤差を超えているか否かを判定し、形状誤差が所定の許容誤差を超えているときには、再度点群を変更して曲面を生成するように対応する変数を見直し、この変数を曲面生成部31に渡す。この変数の見直しは、形状誤差が許容誤差以下である曲面を近似するまで繰返し行われる。

【0063】表示制御部2は、入力コマンド制御部1からの表示制御命令に従って曲面形状、形状誤差などをディスプレイ(図示せず)に表示するように制御する。

【0064】次に、本装置による曲面形状モデルの作成手順について図14を参照しながら説明する。ここでは、上述の実施の第1形態と同様に、図3に示すトーリックレンズ非球面形状をモデル化する場合の例について説明する。

【0065】本装置では、図14に示すように、まずステップ $S41$ において非球面曲面形状を形成するための曲面関数を定義する。ここでは、図3に示すトーリックレンズ非球面形状部20に対して曲面関数として次の(6)式が定義される。この(6)式は略式であり、上述の実施の第1形態と同様の(1)、(2)式に相当するものである。また、曲面形状に応じて複数の曲面関数を定義することも可能である。

【0066】

$$\dots (6)$$

この(6)式により表される関数は、図4に示すように、光学素子の $y-z$ 平面的任意座標に対して非球面曲面の高さ位置 x を表す。

【0067】次いで、ステップS42に進み、曲面形状の生成領域を指定するとともに、要求した曲面形状が生成されたか否かを判定するための許容誤差を設定する。ここでは、図3に示すトーリックレンズ非球面形状部20に対して、 y 座標の範囲を $0 \leq y \leq 70 \text{ mm}$ 、 z 座標の範囲を $0 \leq z \leq 15 \text{ mm}$ として生成領域が指定される。

【0068】続くステップS43では、生成指定領域に曲面を生成するために、この曲面を構成するための点データ数(点群)を指定する。この指定方法は生成する曲面形状により異なるが、図3に示すトーリックレンズ非球面形状部20に対しては、初期値として y 方向に40点、 z 方向に10点の計400点のマトリクス状の点群を指定する。この点群は、 $y-z$ 平面上における直交格子点である。

【0069】そして、ステップS44に進み、指定された $y-z$ 平面上における各直交格子点において上記

(6)式により z 座標を算出する。この z 座標は、生成する曲面形状の構成点となる。このようにして曲面形状の構成点が算出されると、 z 方向における各構成点を通るスプライン曲線を生成する。このスプライン曲線の生成方法としては、 y 軸+方向にその $y=0$ の座標位置近傍から順に z 方向の10点を通る1つのスプライン曲線を生成し、このスプライン曲線の生成を y 軸方向に繰り返す。これにより、図6に示すように、計40本のスプライン曲線が生成される。

【0070】次いで、ステップS45に進み、生成されたスプライン曲線から曲面形状を生成し、この生成した曲面形状を示すデータを形状データ格納部34に格納する。ここでは、例えば図7に示すような曲面形状が得られる。続いて、ステップS46に進み、この生成(近似)された曲面形状と上記(6)式を用いて得られる曲面との間の形状誤差を算出する。そして、ステップS47で、算出された形状誤差の値が上記ステップS42において設定された許容誤差の値以下であるか否かを判定する。算出された形状誤差の値が許容誤差の値以下であるときには、所望の精度の曲面形状データが得られたと判断して本処理を終了する。これに対し、算出された形状誤差の値が許容誤差の値を超えているときには、ステップS48で点群の発生数を変更した後に、ステップS44に戻り、再度同様の処理を形状誤差の値が許容誤差の値以下になるまで繰り返す。

【0071】このように、本実施の形態では、定義された曲面関数から得られた曲面形状に対する、点群を入力とする所定の近似用関数を用いて近似された曲面形状の形状誤差を算出し、該算出された形状誤差が所定誤差を超えると、所定誤差以下の形状誤差を有する曲面形状が

近似されるまで、点群を変更して曲面形状の近似を繰り返すから、要求される形状精度に応じた曲面形状を自動的に生成することができ、従来のように曲面修正や要素分割後の節点の座標修正を行う必要がなくなる。その結果、作業効率を著しく向上させることができる。また、非球面レンズの形状が変わった場合においても、解析モデルとして最適な形状を決定するまでの処理時間をかなり短縮することができる。

【0072】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明の数値解析用モデル作成装置によれば、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義手段と、定義された自由曲面関数を用いて自由曲面形状を生成する形状生成手段と、生成された自由曲面形状を前記数値解析用要素として分割する要素分割手段と、自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価手段とを備え、形状評価手段は、自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を前記定義された曲面関数から求められた値に補正するから、要素分割を行った時点での自由曲面形状における節点の座標修正を自動的に行うことが可能になり、複雑な三次元非球面レンズ形状に対してもその節点の座標修正を簡単に行うことができる。その結果、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる。

30 【0073】本発明の数値解析用モデル作成方法によれば、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する関数定義ステップと、前記定義された自由曲面関数を用いて自由曲面形状を生成する形状生成ステップと、前記生成された自由曲面形状を数値解析用要素として分割する要素分割ステップと、自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価ステップとを有し、形状評価ステップは、自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を定義された曲面関数から求められた値に補正するから、要素分割を行った時点での自由曲面形状における節点の座標修正を自動的に行うことが可能になり、複雑な三次元非球面レンズ形状に対してもその節点の座標修正を簡単に行うことができる。その結果、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる。

50 【0074】本発明の記憶媒体によれば、プログラム

は、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する関数定義モジュールと、定義された自由曲面関数を用いて自由曲面形状を生成する形状生成モジュールと、生成された自由曲面形状を数値解析用要素として分割する要素分割モジュールと、自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素を表す節点の座標値を評価するための形状評価モジュールとを有し、形状評価モジュールは、自由曲面形状の数値解析用要素として分割された各構成要素の節点毎にその節点の座標値と前記定義された自由曲面関数から求められた値とを比較して形状誤差を算出し、予め設定された許容誤差を超えている形状誤差を有する節点の座標値を定義された曲面関数から求められた値に補正するから、要素分割を行った時点での自由曲面形状における節点の座標修正を自動的に行うことが可能になり、複雑な三次元非球面レンズ形状に対してもその節点の座標修正を簡単に行うことができる。その結果、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる。

【0075】本発明の数値解析用モデル作成装置によれば、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義手段と、定義された自由曲面関数を用いて自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生手段と、点群を入力とする所定の近似用関数を用いて自由曲面形状を近似する曲面近似手段と、定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出手段と、算出された形状誤差に基づき近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価手段とを備え、形状評価手段は、算出された形状誤差が所定誤差を超えると、所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、点群を変更して自由曲面形状の近似を繰り返すように点群発生手段、曲面近似手段および形状誤差算出手段を制御するから、要求される形状精度に応じた自由曲面形状を自動的に生成することができ、従来のように曲面修正や要素分割後の節点の座標修正を行う必要がなくなる。その結果、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる。

【0076】本発明の数値解析用モデル作成方法によれば、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義ステップと、定義された自由曲面関数を用いて自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生ステップと、点群を入力とする所定の近似用関数を用いて自由曲面形状を近似する曲面近似ステップと、定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出ステップと、算出された形状誤差に基づき近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価ステップとを有し、形状評

価ステップにより算出された形状誤差が所定誤差を超えていると評価されると、所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、点群の数を変更して点群発生ステップ、曲面近似ステップおよび形状誤差算出ステップを繰り返すから、要求される形状精度に応じた自由曲面形状を自動的に生成することができ、従来のように曲面修正や要素分割後の節点の座標修正を行う必要がなくなる。その結果、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる。

10 【0077】本発明の記憶媒体によれば、プログラムは、非球面のような自由曲面形状の生成に用いる少なくとも1種類の自由曲面関数を定義する曲面関数定義モジュールと、定義された自由曲面関数を用いて自由曲面形状を構成するための点群を発生する点群発生モジュールと、点群を入力とする所定の近似用関数を用いて自由曲面形状を近似する曲面近似モジュールと、定義された自由曲面関数から得られた自由曲面形状に対する近似された自由曲面形状の形状誤差を算出する形状誤差算出モジュールと、算出された形状誤差に基づき近似された自由曲面形状の形状評価を行う形状評価モジュールとを有し、形状評価モジュールは、算出された形状誤差が所定誤差を超えると、所定誤差以下の形状誤差を有する自由曲面形状が近似されるまで、点群を変更して自由曲面形状の近似を繰り返すように点群発生モジュール、曲面近似モジュールおよび形状誤差算出モジュールを制御するから、要求される形状精度に応じた自由曲面形状を自動的に生成することができ、従来のように曲面修正や要素分割後の節点の座標修正を行う必要がなくなる。その結果、数値解析用モデルを生成するための作業効率を著しく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値解析用モデル作成装置の実施の第1形態の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の数値解析用モデル作成装置の曲面修正部による曲面形状補正の基本手順を示すフローチャートである。

【図3】トーリックレンズ非球面形状を有する光学素子の一例を示す斜視図である。

【図4】三次元座標系における非球面形状を示す図である。

【図5】図2のステップS11で生成される点群データの一例を示す図である。

【図6】図2のステップS11で点群列毎にスプライン関数近似により生成された曲線の一例を示す図である。

【図7】図2のステップS11で曲線から生成された近似曲面（サーフェイス）の一例を示す図である。

【図8】図2のステップS11で図3のトーリックレンズ非球面形状に対して要素分割された状態を示す図である。

【図9】図1の数値解析用モデル作成装置の曲面修正部

による曲面形状補正における形状誤差の計算処理の手順を示すフローチャートである。

【図10】非球面形状のx-y断面図である。

【図11】非球面形状のx-z断面図である。

【図12】図9のステップS31の誤差計算結果の出力例を示す図である。

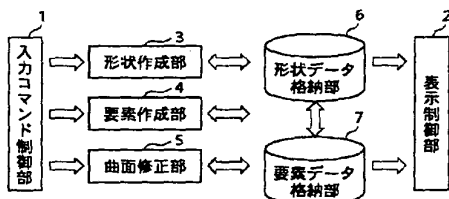
【図13】本発明の数値解析用モデル作成装置の実施の第2形態の構成を示すブロック図である。

【図14】図13の数値解析用モデル作成装置の形状モデル作成の基本手順を示すフローチャートである。

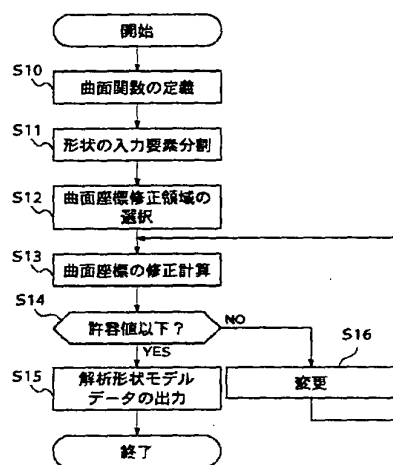
【符号の説明】

- 1 入力コマンド制御部
- 2 表示制御部
- 3 形状作成部
- 4 要素作成部
- 5, 33 曲面修正部
- 6, 34 形状データ格納部
- 7 要素データ格納部
- 30 曲面関数定義部
- 31 曲面生成部
- 10 32 曲面評価部

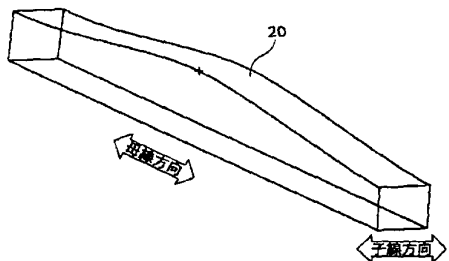
【図1】



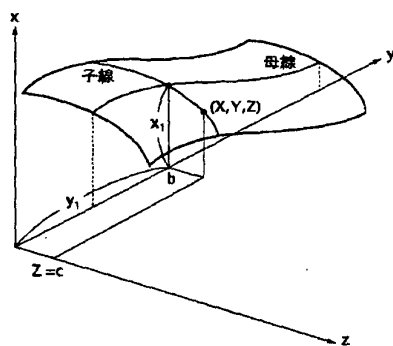
【図2】



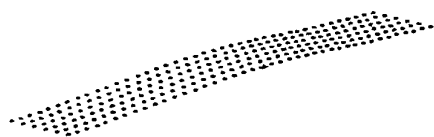
【図3】



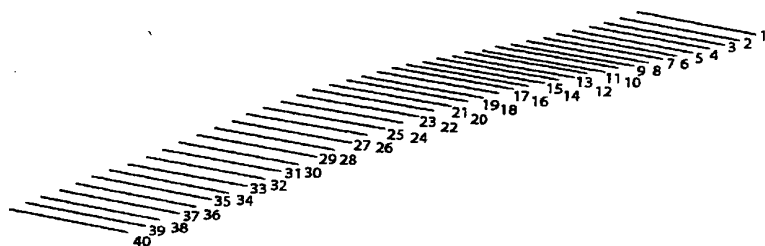
【図4】



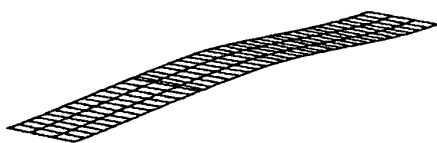
【図5】



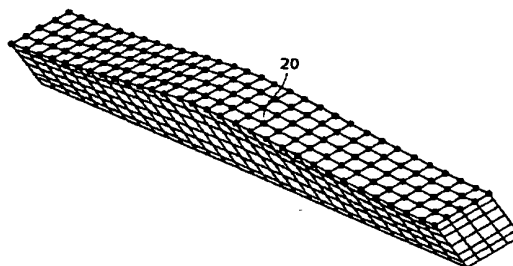
【図6】



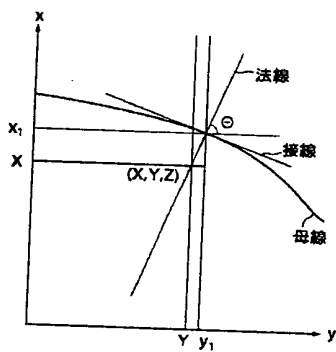
【図7】



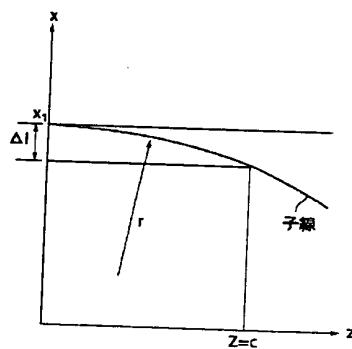
【図8】



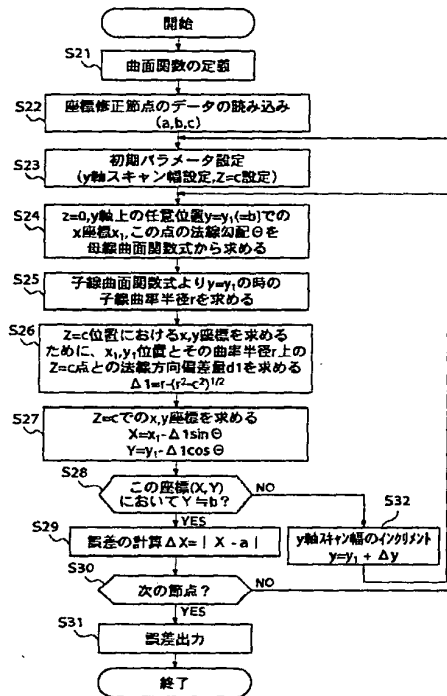
【図10】



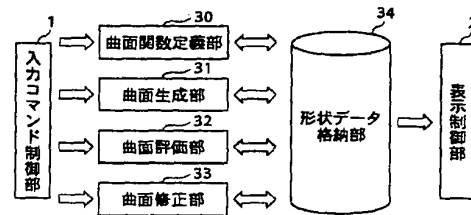
【図11】



【図9】



【図13】



【図12】

XX	YY	ZZ	XX-org	YY-org	XX-ERR
-2.720668	43.999000	.000000	-2.720953	44.000000	.000285
-2.206519	42.256000	.000000	-2.206711	42.256531	.000162
-1.665981	40.521000	.000000	-1.666039	40.521179	.000058
-1.105441	38.792000	.000000	-1.105514	38.792225	.000073
-.530742	37.067000	.000000	-.531044	37.067902	.000302
0.052055	35.346000	.000000	.052055	35.346359	.000122
0.638841	33.626000	.000000	.638841	33.626080	.000028
1.224780	31.905000	.000000	1.224780	31.905527	.000178
1.817408	30.183000	.000000	1.817408	30.183252	.000000

6.207207	14.439000	.000000	6.207207	14.439000	.000000
6.546322	12.653000	.000000	6.546322	12.653000	.000000
6.845276	10.861000	.000000	6.845276	10.861000	.000000
7.102341	9.061000	.000000	7.102223	9.061900	.000118
7.315286	7.256000	.000000	7.315194	7.256872	.000092
7.482563	5.447000	.000000	7.482560	5.447044	.000003
7.603070	3.633000	.000000	7.603043	3.633496	.000027
7.675724	1.817000	.000000	7.675713	1.817408	.000011
7.700000	.000000	.000000	7.700000	.000023	.000000

【図14】

